

外部磁界の影響試験装置の開発

瀬戸 英昭 金田 晋弥（日本電気計器検定所 検定管理部）

1. はじめに

取引及び証明に使用される電力量計等の特定計量器については、計量法により型式承認制度が定められており、型式承認された特定計量器は、検定において、その構造が特定計量器検定検査規則（以下、検則という）に定める技術上の基準に適合しているとみなされる。また、特定計量器の構造に係る技術基準の内容については、検則により日本産業規格（以下、JIS という）を参照することとなっている。

日本電気計器検定所では、特定計量器のうち電力量計の型式承認業務を実施しており、2017年に改正及び制定されたJIS（以下、新JISという）において、電力量計の型式承認で行う試験（以下、型式試験という）に係る要件が大幅に変更された⁽¹⁾。

型式試験の一項目である「外部磁界の影響試験」についても、既存の設備では新JISの試験要件を満たすことができなかったため、新たに設備を製作した。また、試験の省力化及び効率化を実現するため、試験制御を自動化する試験システムを新規に開発した。

本稿では、これらの概要について記述する。

2. 外部磁界の影響試験

外部磁界の影響試験（以下、影響試験という）は、被試験電力量計（以下、EUTという）が電源周波数の磁界に曝された際に、EUTの機能に影響が生じないかを検証するイミュニティ性能試験である。新JISにおける試験項目は、以下の2項目である⁽²⁾。

- (1) 400 A/m の磁界の影響によって生じる器差の差が規定の限度内であること。
- (2) 1 000 A/m の磁界を3秒間与えた後に、有意誤りが生じないこと。

なお、改正前のJISにおける磁界強度は100 A/mであった。

3. 磁界発生器

影響試験では、EUTに規定の磁界を曝す手段として磁界発生器を用いている。磁界発生器のコイル巻線に電流を流すことにより磁界が発生し、コイルをヘルムホルツ形状にすることで、磁界発生器の中央部における磁界強度は均一となる。

今回、新JISの影響試験要件に対応するため、磁界発生器を新たに製作した。磁界発生器は、コイルの構造を3軸の矩形のヘルムホルツコイル（以下、コイルという）とし、3軸からなる磁界のベクトル合成により任意の方向及び強度の磁界を発生する。製作した磁界発生器の外観を図1に、コイルの仕様を表1に示す。

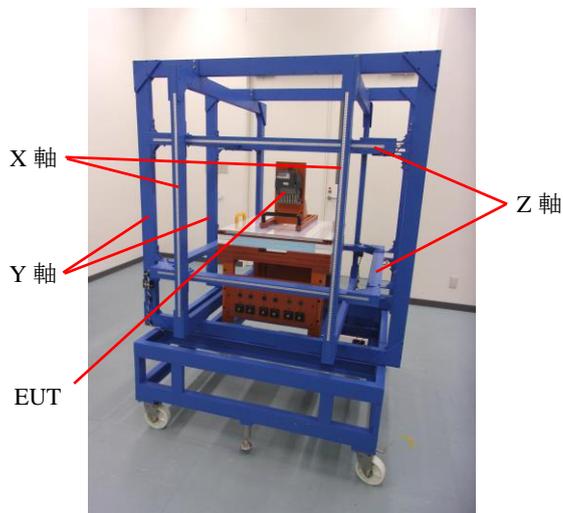


図1 磁界発生器の外観

表1 コイルの仕様

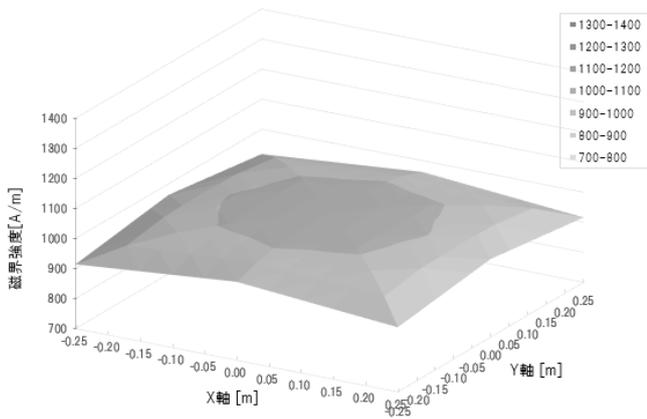
コイル軸	コイル外寸	コイル間隔
X軸	1 230 mm×1 230 mm	690 mm
Y軸	1 360 mm×1 360 mm	750 mm
Z軸	1 100 mm×1 100 mm	610 mm

3.1 性能 JIS C 61000-4-8⁽³⁾において、影響試験に使用する磁界発生器に要求される均一磁界の誤差は、EUTを設置しない状態で±3 dB以内と定められている。また、均一磁界の範囲は、これまで型式承認したEUTの外形寸法を考慮して、コイル内の中心位置から±250 mmの立方体内（以下、均一磁界範囲という）とした。

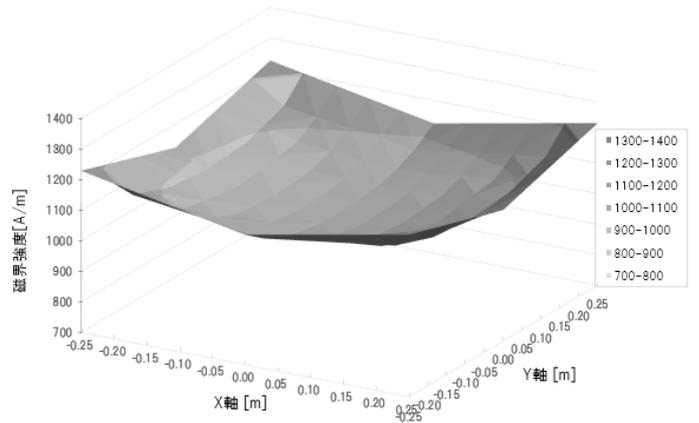
製作した磁界発生器は、単軸及び複数の軸のコイルによる磁界発生時（以下、合成磁界という）の均一磁界範囲において、磁界強度は設定値に対して-0.9 dB～+1.7 dB、磁界の設定方向に対する方向の誤差（なす角）は7度以下であった。磁界発生器の主な仕様等を表2に、磁界強度の検証結果の一例を図2に示す。

表2 磁界発生器の仕様

磁界強度	各軸最大1 000 A/m
磁界強度の誤差	-0.9 dB～+1.7 dB（均一磁界範囲）
磁界方向の誤差	7度以下（均一磁界範囲）
動作時間	400 A/m：連続 1 000 A/m：5分
製造者	株式会社玉川製作所



(a) Z 軸中心位置



(b) Z 軸中心位置から 0.25 m 上方

図2 磁界強度の検証結果 (Z 軸コイル 1000 A/m 出力時の XY 平面の磁界強度)

3.2 付属設備 影響試験を効率的に実施するために、磁界発生器には以下の付属設備を装備した。付属設備の外観を図3に示す。これら付属設備には、均一磁界範囲への影響を考慮して非磁性体の材料を使用した。

(1) **EUT 掛台** 磁界発生器内に EUT を正常な状態で設置するための掛台である。なお、コイルの開口部及び奥行の寸法により、磁界発生器内での EUT の設置及び結線作業が困難であるため、EUT 掛台下部にスライド台を設け、手元での設置作業を可能とした。また、各 EUT の形状に適した EUT 掛台を複数製作し、EUT 掛台を容易に交換可能とした。

(2) **中継端子** EUT の電流定格により、接続する電流線の線径が異なることから、磁界発生器本体の下部に線径に応じた中継端子を設け、いずれの電流定格の EUT でも容易に接続が可能な構造とした。

(3) **ベース台** EUT の外形寸法により、設置位置の高さを調整する必要があるため、EUT 掛台の下部に複数個の積み重ねによる連結が可能なベース台を設けた。ベース台は、取り扱いが容易となるよう軽量で圧縮強さに優れた発泡材とした。

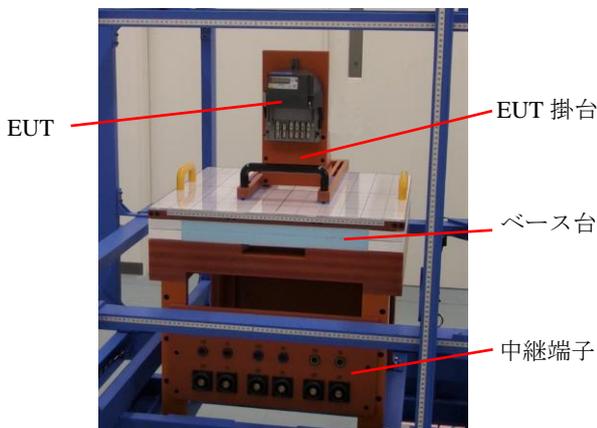


図3 付属設備の外観

4. 影響試験システム

本影響試験システムの機器構成のブロック図を図4に示す。磁界発生器及び試験電源を除く主な試験機器は、19 インチキャビネットラックに収納した。

4.1 磁界出力 磁界発生器の磁界出力の仕様を表3に示す。

コイルに電流を流すことで、磁界発生器の中央部に均一磁界が発生する。コイル電流は、発振器から出力された電圧を電流アンプで変換して生成している。また、電流アンプからの出力回路には、発振器へのフィードバック制御により安定した電流を出力するための検出変流器と、コイルのインダクタンス成分を補償するための進相コンデンサを挿入している。

表3 磁界出力の仕様

磁界強度	最大 1 000 A/m (合成磁界)
位相設定範囲	0~360°遅れ (試験電圧の第 1 相基準)
出力周波数	50、60 Hz

4.2 試験機器 本影響試験システムで使用する主な試験機器の概要について、以下に記述する。

(1) **制御 PC** 今回、新たに作成した試験プログラムにより、周辺機器との通信制御及び I/O 制御等を行って試験動作を自動化している。

なお、試験プログラムには、EUT の定格及び試験条件の入力、試験工程の登録、試験の動作状況及び結果の確認表示等の試験に必要な機能に加え、周辺機器類の動作チェックが可能なユーザーインターフェースも備えた。

(2) **試験電源** 試験電源により、EUT に試験電圧及び電流による試験電力を印加する。

なお、影響試験要件により、試験電源と磁界の出力波形の位相を同期制御する必要があるため、試験電源と磁界発生用の発振器の同期信号を接続して、試験電圧の第 1 相の位相と磁界出力の位相を同期させている。

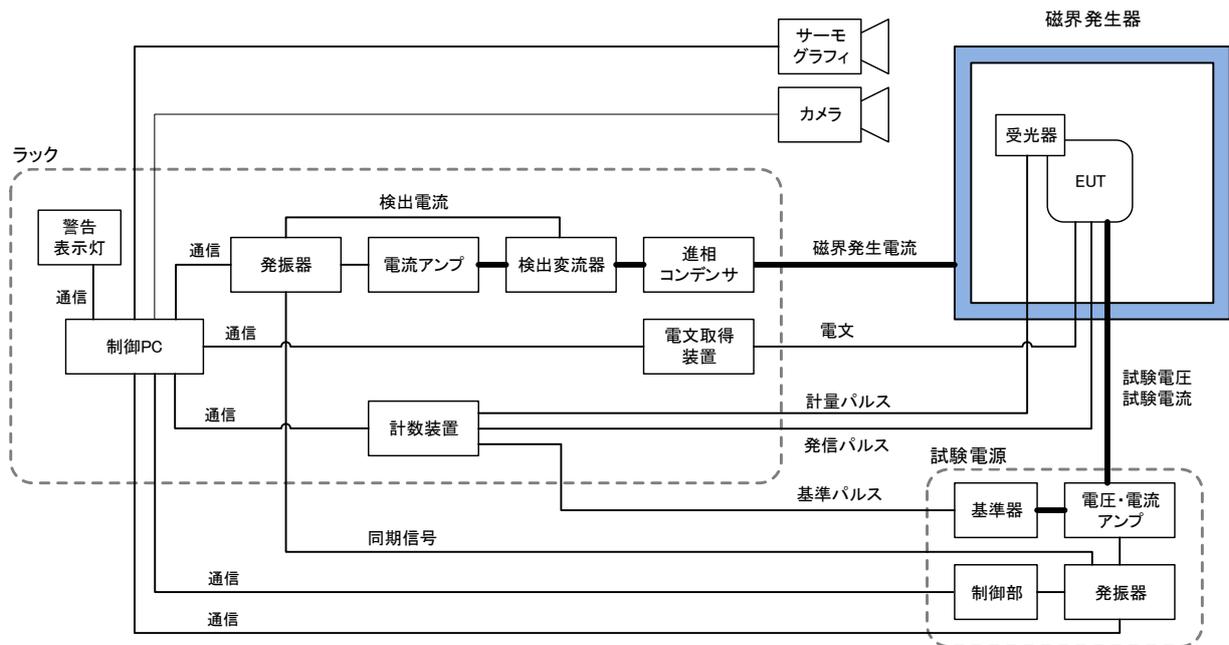


図4 影響試験システムの機器構成のブロック図

(3) 計数装置 計数装置により、試験電力及び磁界印加中の EUT の計量パルスと、基準器の基準パルスの比較による器差試験を行う。また、計数装置のファームウェアを改造し、器差試験と併せて、EUT の発信装置の試験も実施可能とした。

(4) 電文取得装置及びカメラ 出力機構を備えた EUT においては、試験電力及び磁界印加中に、EUT の出力機構（電文の計量値）と面前の計量値の一致確認を行う必要がある。そこで、本システムでは、マイコン基板による電文取得装置を用いた電文の計量値の取得と、Ethernet 接続のカメラによる EUT の計量値の撮像記録の機能を備えた。

4.3 監視装置 試験中の磁界発生器及び EUT の電流端子等の発熱を監視するため、サーモグラフィを導入した。

磁界発生器の外形を含めた撮影範囲内において規定の温度を超過した際には、試験電源及び磁界出力を停止すると同時に、サーモグラフィで記録撮影を行う。これにより、無人での昼夜運転を可能とした。また、音響機能付きの警告表示灯を備えることにより、試験者に対して、遠隔からの磁界出力等の動作状態の目視確認と、サーモグラフィによる温度超過及び磁界出力のエラー発生時等における音響での通知を可能とした。

5. まとめ

本稿では、新 JIS の外部磁界の影響試験に適用するために新規に製作した磁界発生器と影響試験システムについて紹介した。

外部磁界の影響試験では、試験要件として、コイル内の中央部に設置した EUT に対して、磁界を任意の方向に制御する必要がある。その手段として、単体のコイルと EUT 掛台を回転させる電動機器を付加する方法も検討したが、今回は、直交した 3 軸のヘルムホルツコイルを用いた合成磁界

による方法を採用した。本磁界発生器は、磁性体である電動機器を使用しないため、均一磁界範囲での外乱による影響が抑えられている。また、可動部が無く、構造がシンプルであるため、製作費が抑制できたことに加え、故障率が低減することが見込まれる。

影響試験システムを新規に構築し、試験制御を自動化したことにより、2022 年度から開始される新 JIS の型式試験業務の省力化及び効率化に寄与することが期待される。

参考文献

- (1) JEMIC テクニカルレポート J17004 電力量計等の新しい JIS について
- (2) JIS C 1271-2 : 2017 交流電子式電力量計—精密電力量計及び普通電力量計—第 2 部 : 取引又は証明用
- (3) JIS C 61000-4-8 : 2016 電磁両立性—第 4-8 部 : 試験及び測定技術—電源周波数磁界イミュニティ試験

(2021 年 12 月 13 日受付)